

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06200741 A

TITLE: EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE FOR INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE

PUBN-DATE: July 19, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ARAKI, YASUSHI

HIROTA, SHINYA

OBATA, KIYOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TOYOTA MOTOR CORP

N/A

APPL-NO: JP04361464

APPL-DATE: December 29, 1992

INT-CL (IPC): F01N003/08, F01N003/18 , F01N003/22 , F01N003/22 , F01N003/24

US-CL-CURRENT: 60/282

ABSTRACT:

PURPOSE: To shorten the regenerating time of an absorbent and maintain high NO<sub>x</sub> absorbing capacity by disposing two NO<sub>x</sub> absorbents of small capacity in series upstream of an exhaust passage, and supplying a reducing agent in such a way that the air-fuel ratio of the exhaust to the upstream absorbent is on the rich side while adjusting the exhaust to the downstream absorbent in such a way as to be on the lean side.

CONSTITUTION: A reducing agent feeder 3 is connected to the exhaust pipe 12 of an engine, and in consecutive order toward the lower reaches, an upstream NO<sub>x</sub> absorbent 1A is provided, a secondary air feeder 4 is connected, a downstream NO<sub>x</sub> absorbent 1B is provided, and an oxygen concentration sensor 5 and an exhaust gas temperature sensor 6 are connected. The upstream NO<sub>x</sub> absorbent 1A is to be of relatively small capacity, and NO<sub>x</sub> is removed by the NO<sub>x</sub> absorbents 1A, 1B. At the regenerating time, the excessive reducing agent is supplied to the upstream NO<sub>x</sub> absorbent 1A to obtain a rich atmosphere so as to regenerate the upstream NO<sub>x</sub> absorbent 1A of small capacity in a short time. The excessive reducing agent flowing downstream is completely absorbed since the downstream NO<sub>x</sub> absorbent 1B is in a relatively lean atmosphere, and the downstream NO<sub>x</sub> absorbent 1B is regenerated. The NO<sub>x</sub> absorbing capacity can be thus kept always high.

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-200741

(43)公開日 平成6年(1994)7月19日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 N	3/08	Z A B H		
		A		
	3/18	Z A B B		
	3/22	Z A B		
		3 0 1 M		

審査請求 未請求 請求項の数1(全10頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-361464

(22)出願日 平成4年(1992)12月29日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 荒木 康

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 広田 信也

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 小端 喜代志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

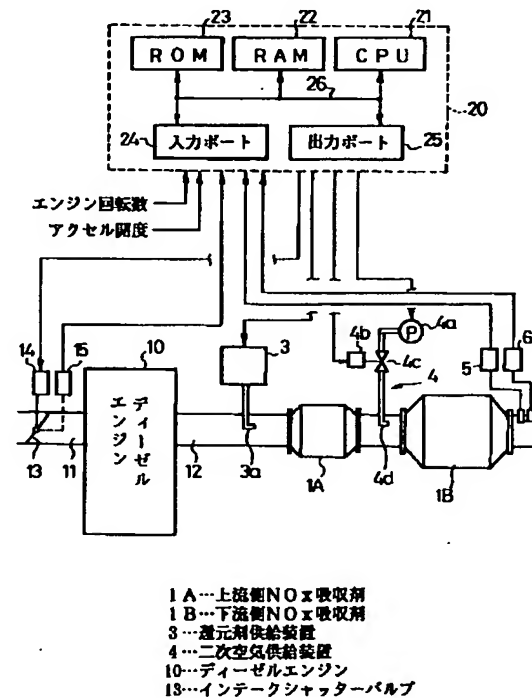
(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

(54)【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57)【要約】

【目的】 機関排気通路にNO<sub>x</sub> 吸収剤を配置して排気中のNO<sub>x</sub> を吸収すると共に、NO<sub>x</sub> 吸収剤に排気を流したまま還元剤をNO<sub>x</sub> 吸収剤に供給して吸収されたNO<sub>x</sub> の放出と還元浄化を行う排気浄化装置において、上記NO<sub>x</sub> の放出、還元を短時間で完了してNO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力を回復させる。

【構成】 エンジン10の排気通路12に上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aと下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bとを直列に配置する。上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aは下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bより小容量とする。再生時には還元剤供給装置3から上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aに過剰な量の還元剤を供給してリッチ雰囲気上で上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aを再生する。上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aと下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bとの間には二次空気供給装置4から二次空気を供給し、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bに流入する排気の空燃比を理論空燃比近傍に制御する。上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aはリッチ雰囲気下で再生されるため短時間でNO<sub>x</sub> 吸収能力を回復し、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aで消費されなかった余剰の還元剤は下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bの再生に使用される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも大部分の機関運転領域においてリーン空燃比の燃焼を行う内燃機関の排気通路に、流入排気空燃比がリーンのときに $\text{NO}_x$ を吸収し、流入排気の酸素濃度が低下したときに吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤を配置し、所定の運転条件下で前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気中に還元剤を供給して前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤から吸収した $\text{NO}_x$ を放出させると共に放出された $\text{NO}_x$ を還元浄化する内燃機関の排気浄化装置において、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤を排気通路に直列に2つ配置し、上流側の $\text{NO}_x$ 吸収剤を下流側の $\text{NO}_x$ 吸収剤より小容量とするとともに、前記 $\text{NO}_x$ の放出、還元操作時に前記上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比が、理論空燃比よりかなりリッチ側になるように還元剤を供給する還元剤供給手段と、前記 $\text{NO}_x$ の放出、還元操作時に前記下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比が前記上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比よりリーン側になるように排気空燃比を調節する調節手段とを備えたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関し、詳細には、ディーゼルエンジンや希薄燃焼を行うガソリンエンジン等、大部分の運転領域においてリーン空燃比の燃焼を行う内燃機関の排気中の $\text{NO}_x$ を効果的に除去可能な排気浄化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】この種の排気浄化装置の例としては、例えば特開昭62-106826号公報に開示されたものがある。同公報の装置は、ディーゼル機関の排気通路に酸素の存在下で $\text{NO}_x$ を吸収する $\text{NO}_x$ 吸収剤（触媒）を配置して排気中の $\text{NO}_x$ を吸収させ、該吸収剤の $\text{NO}_x$ 吸収効率が低下した場合に吸収剤への排気の流入を遮断して吸収剤に気体状の還元剤を供給することにより、吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出させると共に放出された $\text{NO}_x$ を還元浄化するものである。

【0003】 $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収された $\text{NO}_x$ の上記放出、還元操作（以下、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の「再生操作」という）を行うためには、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の雰囲気酸素濃度を下げて $\text{NO}_x$ の放出を行わせる必要がある。しかし、ディーゼルエンジン等のように希薄燃焼を行うエンジンでは排気空燃比は常にリーンであり排気中の酸素濃度が高いため、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の雰囲気酸素濃度を下げるためには $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給して排気中の酸素を消費する必要がある。通常の運転状態で $\text{NO}_x$ 吸収剤に排気を流したまま上記再生操作を行おうとすると排気の雰囲気酸素濃度を下げるためには、連続して流入する排気中の酸素を消費することができるだけの量の還元剤を供給する必要があり、還元剤の消費量が増大する問題がある。上記特開昭62-106826号公報の装置では、

$\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作の際に $\text{NO}_x$ 吸収剤への排気の流入を遮断してから還元剤を供給することにより、流入する排気中の酸素を消費するために使用される還元剤の量を低減している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記特開昭62-106826号公報の装置のように、エンジン運転中に、再生操作毎に $\text{NO}_x$ 吸収剤への排気の流入を遮断するようにするためには、排気通路に複数の $\text{NO}_x$ 吸収剤を並列に配置して順に切り換えて再生操作を行う等の必要があり、排気系の構造の複雑化を招き実用的でない。

【0005】そこで、運転中に $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気の流れを遮断することなく、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作を行うようにすることが実用上好ましい。このために、運転上問題を生じないような特定の運転条件（例えば、エンジンブレーキ等の）が成立したときに、絞り弁等によりエンジンの排気の流量を低下させてから $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作を行い、還元剤の消費量を低減する方法が考案されている。

20 【0006】しかし、この場合 $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作は特定の運転条件が成立したときにのみ行われることになるため、再生操作の間隔、継続時間等は運転状況により決まってしまう、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作に必要とされる時間を確保できなくなる等の問題を生じる場合がある。すなわち、上記特定の運転条件が成立するまでの運転時間が長ければ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収された $\text{NO}_x$ 量も多くなるため再生操作に要する時間も長くなり、短時間では十分な再生を行うことができない。また、上記特定の運転条件が比較的短い間隔で頻繁に成立するような場合であってもこの運転条件の継続時間が短い場合には十分な再生時間をとることができないため、再生が不十分になる傾向がある。このため、 $\text{NO}_x$ 吸収剤は十分に $\text{NO}_x$ 吸収能力が回復しない状態で使用されることになり、排気中の $\text{NO}_x$ 成分が十分に浄化されずに放出される問題がある。 $\text{NO}_x$ 吸収剤の容量を小さくすれば比較的短時間でも十分な再生を行うことができるが、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の容量を小さくしたのでは、運転中に短時間で $\text{NO}_x$ 吸収剤が飽和してしまい排気中の $\text{NO}_x$ を除去できなくなるため同様な問題が生じる。

40 【0007】本発明は、上記問題に鑑み、 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気を遮断せずに特定の運転条件が成立した場合にのみ $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作を行うようにした際に、短い再生時間で $\text{NO}_x$ 吸収剤の能力を回復させ、常に $\text{NO}_x$ 吸収能力を高く保つことのできる内燃機関の排気浄化装置を提供することを目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、少なくとも大部分の機関運転領域においてリーン空燃比の燃焼を行う内燃機関の排気通路に、流入排気空燃比がリーンのときに $\text{NO}_x$ を吸収し、流入排気の酸素濃度が低下

したときに吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤を配置し、所定の運転条件下で前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気中に還元剤を供給して前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤から吸収した $\text{NO}_x$ を放出させると共に放出された $\text{NO}_x$ を還元浄化する内燃機関の排気浄化装置において、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤を排気通路に直列に2つ配置し、上流側の $\text{NO}_x$ 吸収剤を下流側の $\text{NO}_x$ 吸収剤より小容量とするとともに、前記 $\text{NO}_x$ の放出、還元操作時に前記上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比が、理論空燃比よりかなりリッチ側になるように還元剤を供給する還元剤供給手段と、前記 $\text{NO}_x$ の放出、還元操作時に前記下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比が前記上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気空燃比よりリーン側になるように排気空燃比を調節する調節手段とを備えたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0009】

【作用】本発明の排気浄化装置の作用を図5から図7を用いて説明する。図5は同一の $\text{NO}_x$ 吸収剤について再生時の排気空燃比を変えて同一時間の再生操作を行った場合の再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力を比較した図である。

(ここで $\text{NO}_x$ 吸収能力とは、一定時間当たり $\text{NO}_x$ 吸収剤が吸収できる $\text{NO}_x$ の量をいうものとする。)

図5において実線a、a'は排気空燃比を理論空燃比よりかなりリッチがわに保持して( $\text{NO}_x$ 吸収剤に過剰に還元剤を供給して)再生を行った場合の再生後の吸収能力を示し、点線b、b'は排気空燃比を理論空燃比近傍に保持して再生を行った場合の再生後の吸収能力を示している。また、図5のカーブa、bは再生時間を十分に長くとした場合を、カーブa'、b'は再生時間が短い場合をそれぞれ示している。図5に示すように、再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力は再生時の排気空燃比と吸収時の温度により大きく影響を受けることが判る。すなわち、再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力は再生時の排気空燃比がリッチであるほど高くなり、特に再生時間が短いほど再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力の差が大きくなる。

【0010】また、図6は同一の $\text{NO}_x$ 吸収剤を再生時の排気空燃比を変えて再生操作を行った場合の再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力と再生時間との関係を示す図である。図6において、実線aは排気空燃比を理論空燃比よりかなりリッチ側に保持して再生を行った場合の再生後の吸収能力を示し、点線b、は排気空燃比を理論空燃比近傍に保持して再生を行った場合の再生後の吸収能力を示す。図6から判るように、リッチ雰囲気中で再生した場合には理論空燃比で再生した場合に較べて短時間の再生操作で再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力が回復することが判る。

【0011】更に、図7は容量(吸収できる $\text{NO}_x$ の量)が異なる $\text{NO}_x$ 吸収剤を同一条件で再生した場合の再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力の差を示している。図7においてカーブcは容量の小さい $\text{NO}_x$ 吸収剤、カーブdは容量の大きい $\text{NO}_x$ 吸収剤の場合を示している。図7から

判るように、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の容量が小さいほど短時間の再生で $\text{NO}_x$ 吸収能力を回復することができる。

【0012】本発明では、排気通路の上流側には比較的容量の小さい $\text{NO}_x$ 吸収剤を配置し、下流側には比較的容量の大きい $\text{NO}_x$ 吸収剤を配置して両方の $\text{NO}_x$ 吸収剤で排気中の $\text{NO}_x$ を除去する。再生時には上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に過剰な量の還元剤を供給して上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤をリッチ雰囲気中に保持して再生を行う。上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤は比較的小容量であり、しかもリッチ雰囲気下で再生が行われるため極めて短時間で再生が完了し、再生後の $\text{NO}_x$ 吸収能力も増大する(図5~7)。従って再生操作後は上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤により排気中の $\text{NO}_x$ が効率的に除去される。

【0013】また、上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に過剰に供給された還元剤の一部は消費されないまま下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に流れるが、下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤は上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤よりリーン側(理論空燃比側)の雰囲気に保持されているため、還元剤は下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生に完全に消費されるので、消費されない還元剤が大気に放出されることはない。

【0014】また、上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤は比較的小容量であるとともに上流側に位置するため $\text{NO}_x$ 吸収量も多く、前記特定の運転条件が成立しないため再生操作の間隔が長くなると再生が行われる前に吸収能力が低下してしまう恐れがあるが、下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤は比較的大容量であり上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤に較べて $\text{NO}_x$ 吸収量も少ないため比較的高い吸収能力を長時間維持できる。このため上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤の吸収能力が低下した場合でも下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤で排気中の $\text{NO}_x$ の除去が行われ、 $\text{NO}_x$ が大気に放出されることはない。

【0015】

【実施例】図1に本発明の排気浄化装置をディーゼルエンジンに適用した実施例を示す。図1において、10はディーゼルエンジン、11はエンジン10の吸気管、12はエンジンの排気管を示す。本実施例では、エンジンの吸気管11にはシャッターバルブ13が設けられている。

【0016】シャッターバルブ13は全開時の吸気抵抗の少ないバタフライ弁の形式であり、エンジンの通常運転時には全開に保持されており、後述の $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生操作時に所定開度まで閉弁され、吸気管11を絞ってエンジンに吸入される空気量を低下させる。14は後述の電子制御ユニット(ECU)20からの信号を受けてシャッターバルブ13を開閉駆動するステップモータ、負圧アクチュエータ等の適宜な形式のアクチュエータ、15はシャッターバルブの開度を検出する開度センサである。

【0017】又、エンジン排気管12には上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤1Aと下流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤1Bとが設けられており、排気管12の上流側 $\text{NO}_x$ 吸収剤1Aの更に上流側

10

20

30

40

50

には還元剤供給装置3が接続されている。また、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aと下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bとの間には二次空気供給装置4が、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bの下流の排気管には酸素濃度センサ5及び排気温度センサ6がそれぞれ接続されている。

【0018】還元剤供給装置3は、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Aの上流側の排気管12に還元剤を噴射する噴射弁3aを備え、ECU20からの入力信号に応じて所定の量の還元剤を排気管12内に注入する。還元剤としては、排気中で水素や炭化水素、一酸化炭素等の還元成分を発生するものであれば良く、水素、一酸化炭素等の気体、プロパン、プロピレン、ブタン等の液体又は気体の炭化水素、ガソリン、軽油、灯油等の液体燃料等が使用できる。本実施例ではディーゼルエンジンが用いられているため、還元剤としてエンジンの燃料と同じ軽油を使用しており、軽油は図示しないエンジンの燃料タンクから供給ポンプにより加圧されて噴射弁3aに供給される。

【0019】また、図に20で示すのはエンジン1の電子制御ユニット(ECU)である。ECU20はCPU21、RAM22、ROM23及び入力ポート24、出力ポート25を相互に双方向バス26で接続した構成のデジタルコンピュータからなり、エンジンの燃料噴射量制御等の基本制御を行うほか、本実施例ではシャッターバルブ13の開閉制御、還元剤供給装置3からの還元剤供給量制御を行うとともに、酸素濃度センサ5の出力に応じて二次空気供給装置4からの空気供給量を調節して下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤1Bに流入する排気空燃比を理論空燃比近傍になるように制御している。これらの制御のためECU20の入力ポート24には、酸素濃度センサ5と排気温度センサ6とから排気中の酸素濃度信号と排気温度信号とが、またシャッターバルブ開度センサ15からシャッターバルブの開度信号が、それぞれ入力されている他、エンジン回転数、アクセル開度等の信号がそれぞれ図示しないセンサから入力されている。

【0020】二次空気供給装置4は電動ポンプ等の加圧空気供給源4a、ステッパモータ等のアクチュエータ4bを有する流量制御弁4c、及びノズル4dを備えており、ECU20からの制御信号により流量制御弁4cのアクチュエータ4bを駆動して流量制御弁4cの開度を変え、ノズル4dから排気管12に導入する二次空気の流量を調節出来るようになっている。

【0021】NO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bは例えばアルミナを担体とし、この担体上に例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つと、白金Ptのような貴金属とが担持されている。このNO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bは流入する排気空燃比がリーンの場合にはNO<sub>x</sub> を吸収し、酸素濃度が低下するとNO<sub>x</sub> を放出するNO<sub>x</sub> の吸

放出作用を行う。

【0022】なお、上述の排気空燃比とは、ここではNO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bの上流側の排気通路やエンジン燃焼室、吸気通路等にそれぞれ供給された空気量の合計と燃料または還元剤の合計の比を意味するものとする。従って、NO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bの上流側排気通路に燃料、還元剤または空気が供給されない場合には排気空燃比はエンジンの運転空燃比(エンジン燃焼室内の燃焼における空燃比)と等しくなる。

【0023】本実施例では、ディーゼルエンジンが使用されているため、通常運転時の排気空燃比はリーンであり、NO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bは排気中のNO<sub>x</sub> の吸収を行う。また、後述の操作により排気中に還元剤が導入されて酸素濃度が低下すると、NO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bは吸収したNO<sub>x</sub> の放出を行う。この吸放出作用の詳細なメカニズムについては明らかでない部分もある。しかしながらこの吸放出作用は図2に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについて担体上に白金Pt およびバリウムBa を担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

【0024】即ち、流入排気はかなりリーンになると流入排気中の酸素濃度が大幅に増大し、図2(A)に示されるようにこれら酸素O<sub>2</sub> がO<sub>2</sub><sup>-</sup> またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>の形で白金Ptの表面に付着する。一方、流入排気中のNOは白金Ptの表面上でこのO<sub>2</sub><sup>-</sup> またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>と反応し、NO<sub>2</sub>となる(2NO+O<sub>2</sub>→2NO<sub>2</sub>)。次いで生成されたNO<sub>2</sub>の一部は白金Pt上で酸化されつつ吸収剤内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら、図2(A)に示されるように硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の形で吸収剤内に拡散する。このようにしてNO<sub>x</sub>がNO<sub>x</sub> 吸収剤内に吸収される。

【0025】従って、流入排気中の酸素濃度が高い限り白金Ptの表面でNO<sub>2</sub>が生成され、吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸収能力が飽和しない限りNO<sub>2</sub>が吸収剤内に吸収されて硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が生成される。これに対して流入排気中の酸素濃度が低下してNO<sub>2</sub>の生成量が減少すると反応が逆方向(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→NO<sub>2</sub>)に進み、こうして吸収剤内の硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>がNO<sub>2</sub>の形で吸収剤から放出される。即ち、流入排気中の酸素濃度が低下するとNO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub>が放出されることになる。

【0026】一方、流入排気中にHC、CO等の還元成分が存在すると、これらの成分は白金Pt上の酸素O<sub>2</sub><sup>-</sup> またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>と反応して酸化され、排気中の酸素を消費して排気中の酸素濃度を低下させる。また、排気中の酸素濃度低下によりNO<sub>x</sub> 吸収剤1A、1Bから放出されたNO<sub>2</sub>は図2(B)に示すようにHC、COと反応して還元される。このようにして白金Ptの表面上にNO<sub>2</sub>が存在しなくなると吸収剤から次から次へとNO<sub>2</sub>が放

出される。従って流入排気中のHC、CO成分が増加する程短時間のうちにNO<sub>x</sub>吸収剤1A、1BからNO<sub>x</sub>が放出され、還元されることになる。

【0027】即ち、流入排気中のHC、COは、まず白金Pt上のO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>とただちに反応して酸化され、次いで白金Pt上のO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>が消費されてもまだHC、COが残っていればこのHC、COによって吸収剤から放出されたNO<sub>x</sub>および機関から排出されたNO<sub>x</sub>が還元される。前述のように、NO<sub>x</sub>の放出、還元(再生)操作を行ったあとのNO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収能力はリッチ雰囲気中で再生操作を行うほど高くなる(図5参照)。ここで、同一の再生時間ではリッチ雰囲気中で再生操作を行うほど再生後のNO<sub>x</sub>吸収能力が高くなるのは、前述のようにNO<sub>x</sub>吸収剤内に硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の形で吸収されたNO<sub>x</sub>がNO<sub>2</sub>の形でNO<sub>x</sub>吸収剤から放出される(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→NO<sub>2</sub>)の反応が雰囲気中がリッチになる程活発になり、NO<sub>x</sub>の放出速度が高くなるためと考えられる。また、吸収能力が排気温度の所定範囲で最大になるのは、排気温度が低いと白金Pt上での(2NO+O<sub>2</sub>→2NO<sub>2</sub>)の酸化反応が弱くなり、排気温度が高くなりすぎるとNO<sub>x</sub>吸収剤に硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の形で吸収されたNO<sub>x</sub>が分解、放出されるようになるためと考えられる。

【0028】なお、本実施例では、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aは排気温度に追従して速やかに温度が上昇して上記の最適温度範囲に到達するようにメタル担体を使用している。また、温度上昇を早めるとともに、前述のように再生時間を短縮するために上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aは下流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Bに較べて小容量のものが使用されている。

【0029】また、本実施例では、還元剤供給装置3からの還元剤供給量は上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aに流入する排気空燃比がかなりリッチになるように設定されており、還元剤供給量の精密な制御は行わず、酸素濃度センサ5の出力に応じて二次空気の供給量を制御することにより下流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Bに流入する排気空燃比を理論空燃比近傍に維持して、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aの再生を短時間で行うとともに過剰な還元剤の大気放出を防止している。

【0030】次に、図3を用いて本実施例のNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作について説明する。図3は、ECU20により実行されるNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作の制御ルーチンの例を示している。図3のルーチンはECU20により一定時間毎に実行される。図3においてルーチンがスタートするとステップ301ではエンジン回転数N、アクセル開度Acc、エンジン排気温度T<sub>Ex</sub>がそれぞれのセンサから、また、NO<sub>x</sub>吸収剤出口での排気中の酸素濃度R<sub>ox</sub>が酸素濃度センサ5からそれぞれ入力され、ステップ303では、これらを基にNO<sub>x</sub>吸収剤の再生実行条件が成立しているか否かが判定される。

【0031】ここで、NO<sub>x</sub>吸収剤の再生実行条件は、(1)アクセル開度Accが所定値以下、かつ、エンジン回転数Nが所定値以上であること(すなわちエンジンブレーキ中であること)、(2)エンジン排気温度T<sub>Ex</sub>が所定温度以上であること、(3)NO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量が所定値以上になっていること、等であり、上記(1)~(3)の条件が成立した場合のみにステップ305以下のNO<sub>x</sub>吸収剤再生操作を行う。

【0032】ここで、NO<sub>x</sub>吸収剤の再生をエンジンブレーキ中にのみ行うのは(上記条件(1))、再生時には後述のように吸気シャッターバルブ13を閉じて吸入空気量を低減する必要があるため、通常運転中に再生を行うとトルクショックを生じ運転性が悪化するためである。また、排気温度が所定値以上(上記条件(2))とするのは、NO<sub>x</sub>吸収剤がNO<sub>x</sub>の放出、還元作用の活性化する活性化温度に達していることが必要だからである。また、NO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量が所定値以上になっていること(上記条件(3))を再生実行条件としているのは頻繁な再生操作を避けて真に再生が必要な場合にのみ再生操作を行うようにするためである。

【0033】なお、NO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量は、別途ECU20により実行されるルーチンにより、例えば単位時間当たりのエンジンからのNO<sub>x</sub>の排出量を予めエンジン負荷(アクセル開度)とエンジン回転数等の関数としてECU10のROM23に記憶しておき、一定時間毎にアクセル開度と回転数とから上記関数によりNO<sub>x</sub>排出量を求め、これに一定の係数を乗じたものを上記一定時間内のNO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量として積算することにより求められる。ステップ303でNO<sub>x</sub>吸収剤再生条件が成立している場合、ステップ305でカウンタCがプラス1カウントアップされ、ステップ307ではカウンタCが所定値CR以上か否かが判定される。ここで、カウンタCは、ステップ303で再生条件が成立してからの経過時間に対応するカウンタであり、所定値CRは、NO<sub>x</sub>吸収剤の再生を完了するのに必要とされる再生時間に相当するルーチン実行回数である。再生時間はNO<sub>x</sub>吸収剤のタイプ等によって決まる定数である。ステップ307でC≧CRであった場合は、即ち再生が完了しているのでステップ331以下を実行して再生操作を終了する。

【0034】ステップ307でC<CRであった場合は、ステップ311以下のNO<sub>x</sub>吸収剤再生操作を実行する。すなわち、ステップ311では、エンジン吸気管11のシャッターバルブ13が所定の開度まで閉弁される。ディーゼルエンジンでは吸入空気量が多いため再生時に吸気量を絞らないと排気中の酸素濃度を低下させるために必要とされる還元剤の量が過大になるためである。

【0035】シャッターバルブの開度は急激な減速が生じるのを防止するため、予めエンジン回転数の関数とし



て設定されており、この関数はECU20のROM23に数値テーブルの形で格納されている。ステップ311では、エンジン回転数を基に数値テーブルからシャッターバルブ13の開度設定値を読み出し、シャッターバルブ開度センサ15で検出した開度が上記設定値に等しくなるようにシャッターバルブアクチュエータ14を駆動してシャッターバルブ13を所定開度に制御する。次いで、ステップ313では還元剤供給量が決定される。還元剤供給量は予め、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aに流入する排気空燃比がかなりリッチになるように、シャッターバルブの開度とエンジン回転数（エンジン吸入空気量）の関数として設定され、ECU20のROM23に数値テーブルの形で格納されている。すなわち、還元剤は再生に必要な量より過剰に供給される。次いで、ステップ315では上記により決定された還元剤供給量を得るように還元剤噴射弁3aの開度が設定され、還元剤が排気管12に導入される。

【0036】また、ステップ317では二次空気供給装置4の電動ポンプ4aがONにされ、二次空気が排気管12に導入される。次いで、ステップ319から325では二次空気供給装置4の流量制御弁4cの開度が酸素濃度センサ5の出力に応じて調整される。すなわち、ステップ319ではステップ301で読み込んだ排気酸素濃度R<sub>ox</sub>が所定値R<sub>st</sub>以上か否かが判定され、R<sub>ox</sub> ≥ R<sub>st</sub>であればステップ321で流量制御弁4cの開度V<sub>a</sub>が所定値βだけ低減される。また、R<sub>ox</sub> < R<sub>st</sub>であれば、ステップ323で流量制御弁4cの開度V<sub>a</sub>がβだけ増大される。これにより、流量制御弁4cの開度V<sub>a</sub>は、酸素濃度センサ5の出力R<sub>ox</sub>が所定値R<sub>st</sub>になるように制御される。本実施例では、上記所定値R<sub>st</sub>は、理論空燃比を与える酸素濃度に設定されている。ステップ325では、上記により設定した開度V<sub>a</sub>を流量制御弁4cのアクチュエータ4bに出力してルーチンを終了する。

【0037】なお、ステップ307で所定の再生時間が経過するか、またはステップ303で再生実行条件が成立しなくなるとステップ331からステップ339が実行され、カウンタCがゼロリセットされ（ステップ331）、シャッターバルブ13が全開にされ（ステップ333）、還元剤供給と二次空気の導入が停止され（ステップ335、337、339）、再生操作は停止される。

【0038】上述のように、本実施例では、NO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作をエンジンプレーキ、排気温度等の条件（ステップ303）が成立したときのみ実行するようにしている。しかし、実際の走行中に上記の条件が成立している時間は必ずしも長くない。例えば、走行中にエンジンプレーキが持続されるのは3秒以下の場合が多く、それ以上では頻度が減り、10秒以上持続するのは稀である。また、上記条件が成立する間隔は運転者や道

路状況により大きく変化する。本実施例では、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aはリッチ雰囲気下で再生が行われるため、短時間で高いNO<sub>x</sub>吸収能力を回復する。このため、上述のように再生条件の成立時間が短時間しか持続しない場合でも上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aにより、排気中のNO<sub>x</sub>を効果的に除去することができる。特に、実際の運転ではエンジンプレーキの後には加速が行われることが多いが、ディーゼルエンジンでは加速時に排気中のNO<sub>x</sub>が増大する。本実施例では、短時間のエンジンプレーキ後に加速が行われた場合にも、吸収能力が回復した上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aにより増大したNO<sub>x</sub>を吸収できるため加速時に一時的にエミッションが悪化することはない。

【0039】また、下流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Bは理論空燃比近傍の雰囲気中で再生が行われるが、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aを通過した後の排気を処理しているため、NO<sub>x</sub>の吸収量は少なく元々NO<sub>x</sub>吸収能力の低下は少ない。このため、運転条件により、再生操作の頻度が減って上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aが飽和したような場合でも下流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Bには比較的高い吸収能力が残っているため全体として高い排気浄化効率を保つことができる。

【0040】また、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤1Aをリッチ雰囲気下で再生することは、上記以外にもNO<sub>x</sub>吸収剤の硫黄被毒の回復の上で大きな効果がある。ディーゼルエンジンの排気には燃料の軽油に含まれる硫黄成分が酸化物として排出されるが、この硫黄酸化物は、前述のNO<sub>x</sub>の場合と全く同じメカニズムでNO<sub>x</sub>吸収剤に吸収されてBaOと結合してBaSO<sub>4</sub>を生成する。このBaSO<sub>4</sub>は比較的安定した化合物であるため一旦生成されると分解されにくく、NO<sub>x</sub>吸収剤中のBaSO<sub>4</sub>が増大するとNO<sub>x</sub>の吸収能力が低下してしまう問題が生じる。この硫黄被毒の回復のためにはNO<sub>x</sub>吸収剤を高温還元雰囲気に保持して上記のBaSO<sub>4</sub>を分解することが有効である事が知られている。本発明のように、排気通路の上流側と下流側とに直列にNO<sub>x</sub>吸収剤を配置した場合には排気中の硫黄酸化物は上流側NO<sub>x</sub>吸収剤に吸収され、下流側NO<sub>x</sub>吸収剤が硫黄被毒を受けることが防止される。すなわち、上流側NO<sub>x</sub>吸収剤は硫黄トラップとしても機能し、下流側NO<sub>x</sub>吸収剤の硫黄被毒によるNO<sub>x</sub>吸収能力の低下を防止する。一方、硫黄被毒を受けた上流側NO<sub>x</sub>吸収剤はリッチ（還元）雰囲気中で再生が行われるため、再生の際に同時に硫黄被毒からの回復を行うことができるのである。

【0041】また、軽油等の液体燃料を還元剤として使用の場合は噴射した液体還元剤が排気管の壁面に付着するため還元剤の供給量により排気空燃比を正確に制御することは困難である。このため、従来軽油等の液体還元剤を使用した場合には供給不足によるNO<sub>x</sub>吸収剤の再生不足や過剰供給によるアンモニアの発生、未消費HC成分の大気放出等の問題が生じていた。本実施例で

は、還元剤供給量は上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気をかなりリッチにするように過剰な量に設定し、供給量の精密な制御は実施しない。また、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気空燃比は制御性の良い二次空気供給量を調節することによって行っている。このため、軽油などの液体還元剤を使用した場合にも上述の問題を生じずに簡易な制御を行うことができる。

【0042】なお、上述の実施例では、再生操作時に常に上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に過剰な量の還元剤を供給していたが、還元剤の供給量は常に過剰な量を供給する必要はなく、必要に応じて変えるようにしてもよい。図4は、還元剤供給量を必要に応じて変化させた場合の再生操作のタイミング図である。図4は、再生操作時に上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤 (図4 (A)) と下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤 (図4 (B)) とに流入する排気空燃比の変化を示している。図4において、区間Iは上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤をリッチ雰囲気にするように還元剤を過剰に供給して再生を行う場合を示す。このとき、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤は二次空気により、理論空燃比近傍に維持され、上流側と下流側両方のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生が行われる。一方、図4区間IIは上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤のみの再生を行う場合をしめす。この場合、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に供給される還元剤の量は区間Iの場合より低減され、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気空燃比が理論空燃比近傍になるようにされる。また、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤は二次空気の供給によりリーン雰囲気に保持され、再生は行わず酸化触媒として上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤で消費されなかった還元剤を酸化して大気放出を防止する。

【0043】このように、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤のみの再生を行う期間を設けるのは上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤は、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤に較べて容量が小さく、かつNO<sub>x</sub> 吸収量も多いため再生操作の頻度を多くする必要があるのに対して、下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤は大容量であり、NO<sub>x</sub> 吸収量も比較的少ないので再生操作の頻度は少なくとも良いことから、常に両方のNO<sub>x</sub> 吸収剤を同時に再生することは不経済なことがあるからである。この場合、上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤のみの再生を行うか、同時に下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生も行うかは、例えば前回下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作を行ってからの経過時間が所定値を越えたか否かに基づいて判断する。従って、前回の再生操作からの経過時間が長い場合には両方のNO<sub>x</sub> 吸収剤再生操作が連続して行われる場合もある (区間III) なお、図4に示すように、両方のNO<sub>x</sub> 吸収剤を再生する場合 (区間I) の方が上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤のみの再生する場合 (区間II) に較べて再生時間を長くとしているのは、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生に必要な期間に加えて前述の硫黄被

毒回復のための時間を確保するためである。

【0044】なお、上述の実施例では還元剤として軽油を使用した場合を例にとって説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の気体状及び液体状還元剤を使用する場合にも全く同様に適用できる。また、上述の実施例ではディーゼルエンジンに本発明を適用した場合について説明しているが、本発明は同様にガソリンエンジンについても適用可能であることはいうまでもない。

#### 10 【0045】

【発明の効果】本発明の排気浄化装置は、上述のように構成したことにより、短時間でNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生を行い、常にNO<sub>x</sub> 吸収能力を高く維持することができるので運転条件によらず排気中のNO<sub>x</sub> を効果的に除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明をディーゼルエンジンに適用した実施例を示す図である。

20 【図2】NO<sub>x</sub> 吸収剤のNO<sub>x</sub> 吸放出作用を説明するための図である。

【図3】NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作を示すフローチャートである。

【図4】上流側と下流側のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作のタイミングの例を説明する図である。

【図5】再生時の空燃比の相違による再生後のNO<sub>x</sub> 吸収能力の差を説明する図である。

【図6】再生時の空燃比の相違による再生後のNO<sub>x</sub> 吸収能力の差を説明する図である。

30 【図7】NO<sub>x</sub> 吸収剤の容量の相違による再生後のNO<sub>x</sub> 吸収能力の差を説明する図である。

【符号の説明】

1 A…上流側NO<sub>x</sub> 吸収剤

1 B…下流側NO<sub>x</sub> 吸収剤

3…還元剤供給装置

3 a…還元剤噴射弁

4…二次空気供給装置

4 c…流量制御弁

5…酸素濃度センサ

6…排気温度センサ

40 10…ディーゼルエンジン

11…エンジン吸気管

12…エンジン排気管

13…シャッターバルブ

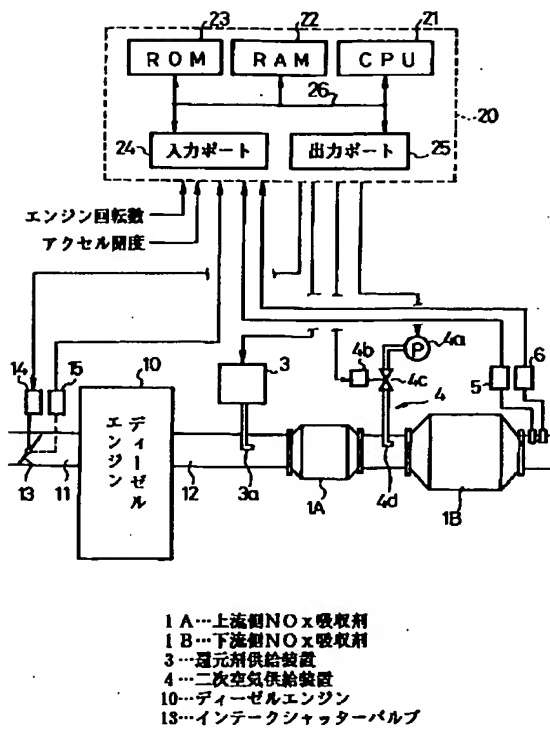
14…アクチュエータ

15…シャッターバルブ開度センサ

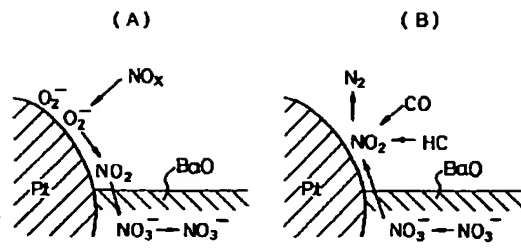
20…電子制御ユニット (ECU)



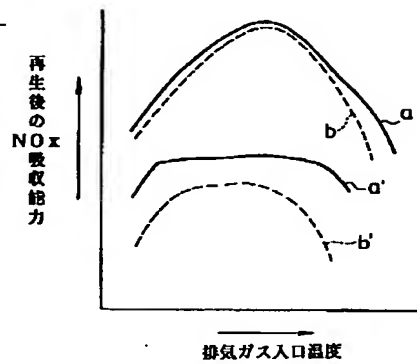
【図1】



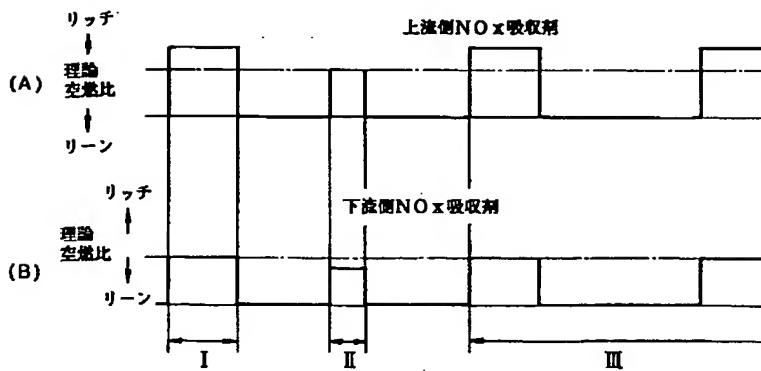
【図2】



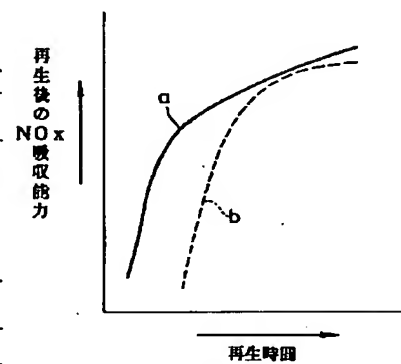
【図5】



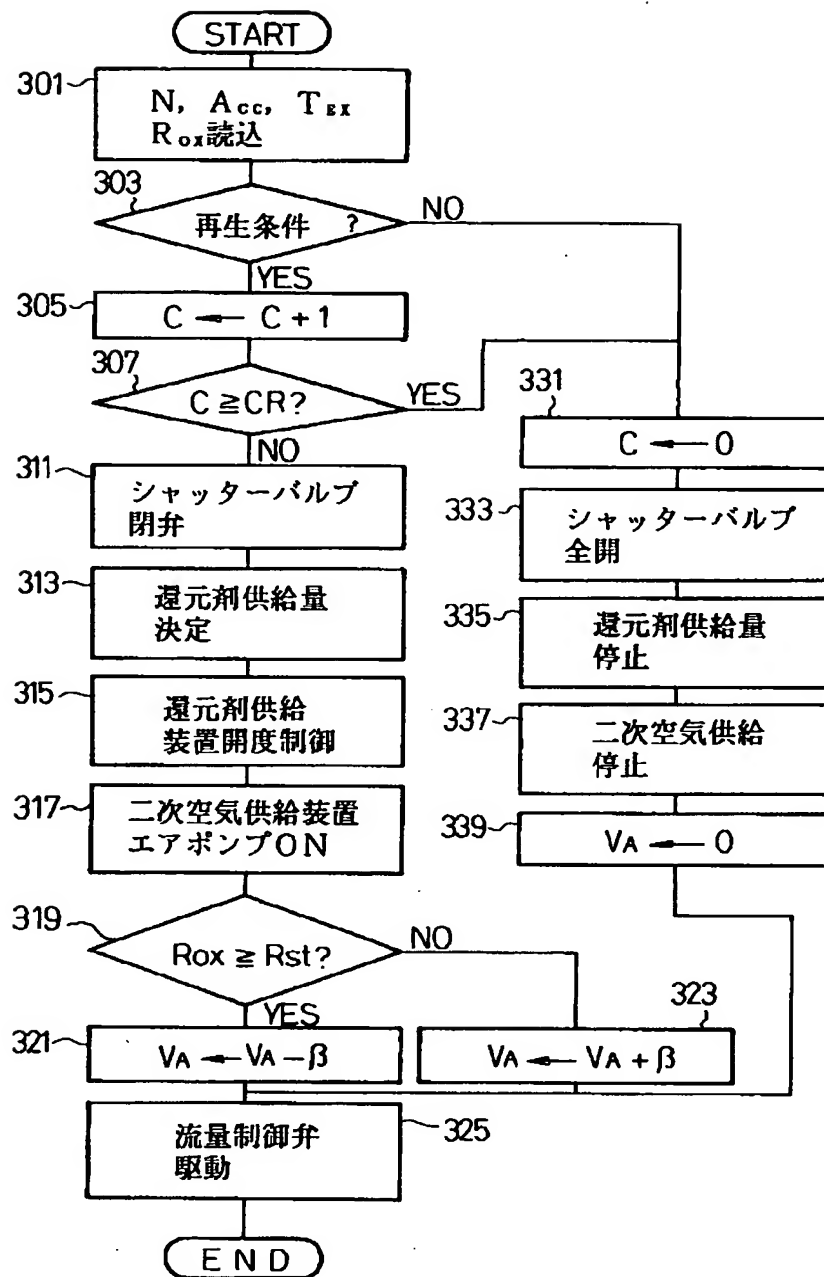
【図4】



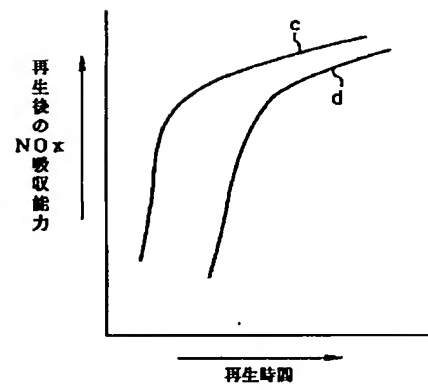
【図6】



【図3】



【図7】



---

フロントページの続き(51)Int. Cl.<sup>5</sup>

F01N 3/24

識別記号

ZAB E

F

庁内整理番号

F I

技術表示箇所